

《环境微生物学》知识点整理

来自 Xzonn 的小站

更新于 2020-01-03 23:02 · 渲染于 2021-01-11 14:26



目录

第 1 章 微生物与环境微生物学	1	2.3.4 分类及常见属	9
1.1 微生物学简介	1	2.3.5 藻类和原生动物	9
1.2 微生物概述	2	2.4 非细胞型生物	9
1.2.1 微生物的概念	2	2.4.1 病毒	9
1.2.2 微生物在生物界的位置	2	2.4.2 噬菌体	10
1.2.3 微生物的分类和命名	2	2.4.3 亚病毒	11
1.2.4 微生物的整体特点	3	第 3 章 微生物的生长与代谢	11
1.3 微生物学和环境微生物学	3	3.2 微生物代谢的氧化和产能	11
第 2 章 微生物类群与形态结构	4	3.2.1 化能异养型微生物的氧化和产能	11
2.1 细菌	4	3.2.2 化能自养微生物的氧化和产能	13
2.1.1 细菌的形态和大小	4	3.2.3 光合自养微生物的氧化和产能	13
2.1.2 细胞的结构和功能	4	3.2.4 能量消耗	13
2.1.3 细菌繁殖方式和群体特征 (菌落特征)	5	3.4 微生物的生物合成	14
2.1.4 特殊细菌	5	3.4.1 自养微生物的 CO ₂ 固定	14
2.2 古生菌	6	3.4.2 生物固氮 (氮代谢)	14
2.2.1 特性	6	3.2.3 肽聚糖合成 (微生物特有的生物大分子合成)	15
2.2.2 类型	6	3.2.4 代谢的调节	15
2.2.3 分布	7	第 4 章 微生物的遗传和变异	15
2.2.4 培养	7	4.2 微生物的遗传	15
2.2.6 研究和应用	7	4.3 微生物的变异	17
2.3 真核生物 (真菌)	7	4.4 微生物的基因重组	18
2.3.1 营养体	7		
2.3.2 繁殖体	8		
2.3.3 准性生殖	9		

第 1 章 微生物与环境微生物学

1.1 微生物学简介

- 微生物学研究的意义:
 - 无处不在, 存在于人体、植物、土壤、海洋等各种环境中。
 - 生态系统的组成成分, 自然界中的分解者, 环境污染的净化者。
 - 可用于水体净化 / 特殊污染物的降解, 如活性污泥法用于污水处理、生物膜、生物强化土壤修复工程。
 - 可用于处理环境问题, 如缓解全球变暖、生物质产能。
- 微生物组计划: 于 2016 年在美国发起。中国 2017 年 12 月开展中国微生物组计划。
- 新兴环境问题: 合成生物学的最新发展。

1.2 微生物概述

1.2.1 微生物的概念

- 所有形体微小、单细胞或个体结构较为简单的多细胞甚至无细胞结构的低等生物的总称。
 - 不是一个分类学上的名词。
 - 包括了原核细胞生物（细菌）、真核细胞生物（真菌、藻类）等。

1.2.2 微生物在生物界的位置

- 生物分类系统：
 - 包括两界、三界、四界、五界、六界等。
 - 五界分类系统：原核细胞、原生生物、真菌、植物、动物。
 - 三域系统：域是比界更高的分类单元。
 - 通过比较生物大分子序列（16S rRNA 和 18S rRNA 的寡核苷酸测序）差异的数值，构建系统树。
 - 分为古生菌域、细菌域、真核生物域。
 - 建立系统发育树的意义：提出了正确的衡量生物间系统发育关系的方法；突破了细菌分类仅靠形态学和生理生化特性的限制，建立了全新的分类理论；为微生物生物多样性和微生物生态学研究建立了全新的研究理论和研究方法；发现生命的第三种形式——古生菌。
 - 进化树缺陷：生物在进化中存在水平基因转移现象，不能仅靠 16S rRNA 序列比较确定亲缘关系。

1.2.3 微生物的分类和命名

- 微生物的分类：界、门、纲、目、科、属、种、亚种。在界之上使用“域”。
 - 种：起源于一个共同祖先，在形态特征和理化特征上差别微小，能适应一定环境的一群个体。
 - 微生物的种：指具有高度特征相似性的菌株群，这个菌株群与其他类群的菌株有很明显的区别。
 - 伯杰氏定义：凡与典型培养菌密切相同的其他培养菌，统一起来区分为细菌的一个种。
 - 基于测序的划分：当 16S rDNA 序列同源性 $\geq 97\%$ 时可认为是一个种。
 - 变种：新分离的种除大部特性与模式相同外，某些特性表现不同，且该特性稳定遗传，可称为变种。如有毒细菌变异为无毒的变种。
 - 型：同种之间在某些特殊性质上有区别，如抗原结构不同分成各种血清型、对噬菌体和细菌素的敏感性分成各种噬菌型和细菌素型等。
 - 菌株（品系）：同种微生物不同来源的纯培养物。即单个分离物的纯培养后代，如不同地区或不同实验室分离得到的具体菌种。
 - 分离物：已分离得到但未经鉴定的纯培养物的后代。
 - 群：为了科研或鉴定工作方便，按其形态或结合少量的生理生化、生态学特征，将近似的种和介于种间的菌株归纳为若干个类群。如放线菌中的链霉菌属内的种归为 12 个类群。
 - 菌株是微生物研究中最基础的操作实体。
- 微生物的命名：
 - 双名法：由两个拉丁字或希腊字或拉丁化了的其它文字组成，一般用斜体表示。
 - 属名在前，一般用拉丁字名词表示，首字母大写。
 - 种名在后，一般用拉丁文形容词表示，全部小写。
 - 若分离的菌株只鉴定到属，而为鉴定到种，可用 sp. 来表示。

- 细菌分类单元的划缺乏一个易于操作标准，为了减少因采用不同标准界定分类单元所造成的混乱，细菌系统分类也像其他生物一样采用“模式概念”。
 - 种和亚种指定模式菌株。模式菌株送交菌种保藏机构保藏，以便备查考和索取。
 - 亚属和属指定模式种。
 - 属以上至目级分类单元指定模式属。
- 微生物分类鉴定依据
 - 在现代微生物分类中，任何能稳定地反映微生物种类特征的资料，都有分类学意义，都可以作为分类鉴定的依据。
 - 不同水平的鉴定方法：
 - 细胞的形态和习性水平。
 - 细胞组分水平。
 - 蛋白质水平。
 - 核酸水平（现代常用）。
 - 现代分子生物学方法：以蛋白质、DNA、RNA 作为主要指征，分析和比较生物大分子的结构特征，比较不同微生物之间大分子组成差异。
 - DNA 的碱基组成（G + C 占比）：每个生物种都有特定的 GC%范围，可以作为分类鉴定的指标。细菌的 GC%范围为 25%~75%，变化范围最大，因此更适合于细菌的分类鉴定。主要用于排除，GC%含量差别大表明关系远，但差别小不表明关系近。
 - 核酸的分子杂交：不同生物 DNA 碱基排列顺序差异越小，它们之间的亲缘关系就越接近。常采用固相杂交法。
 - 16S rRNA 或 18S rRNA 的核酸序列分析。

1.2.4 微生物的整体特点

- 体积小，面积大。形成巨大的营养物质吸收面、废物排泄面、与环境信息的交换面。
- 吸收多，转化快。其对基础物质的利用能力是动植物的成百上万倍。微生物是活的化工厂，可用于合成生物学。
- 生长旺，繁殖快。酿酒酵母每年可收获百次，这是其他农作物不可能达到的复种指数。
- 适应性强，易变异。一些微生物能在高温、低温、高盐、干燥、酸、碱、辐射、高压、缺氧、有毒的环境中生存。微生物变异频率较高，可能会产生有益 / 有害变异。
- 分布广，种类多。几乎分布于地球的每个角落。其物种繁多，生理代谢类型多，代谢产物种类多，遗传基因、生态类型具有多样性。
- 人类对微生物了解少，已知种占估计总数的比例小。

1.3 微生物学和环境微生物学

- 微生物学的发展：
 - 显微镜和微生物培养技术，开启人类认知和利用微生物的时代。列文虎克和显微镜、巴斯德和微生物培养。
 - 自然发生学的矛盾导致了微生物的发生发展和繁殖规律的研究。科赫和病原体的认识、医学微生物学家汤非凡。

- 认识微生物在物质循环中的重要性，青霉素的发现进一步理解微生物与疾病发生。弗莱明和青霉素。
- 现代微生物研究的发展，理论研究、应用研究与微生物组学。
- 环境微生物学：是研究人类生存环境与微生物之间相互关系与作用规律的科学。

第 2 章 微生物类群与形态结构

2.1 细菌

2.1.1 细菌的形态和大小

- 细胞结构为原核细胞，单细胞， $1\mu\text{m}$ 左右，1000 倍显微镜观察，多为分裂生殖。
- 细菌的一般形态和大小：球状、杆状（细菌中最多的一类）、螺旋状（分为弧菌、螺旋菌）。
- 细菌的大小：一般 $0.5 \sim 1.0\mu\text{m}$ 。

2.1.2 细胞的结构和功能

- 细胞特点：小，细胞壁具有肽聚糖，遗传物质 DNA 没有被膜包被，其它细胞器也不具有外膜，DNA 不总与组氨酸有关。
- 细胞壁：包围在细胞外面。
 - 生理功能：固定外形，保护，抗原性、致病性、对噬菌体的敏感性，多孔性，为鞭毛运动提供支点。
 - 革兰氏染色：结晶紫染色 → 碘液染色 → 乙醇脱色 → 番红复染。深红色阳性 (G^+)，红色阴性 (G^-)。
 - 染色差别原因：细胞壁的组分。
 - 阳性菌：肽聚糖、磷壁质酸（特有）。
 - G^+ 肽聚糖：双糖（1,4-糖苷键连接）、短肽、肽桥。
 - 磷壁质酸：甘油型、核醇型。功能：形成负电荷环境吸附二价金属，噬菌体受体位点，自溶素，表面抗原，贮藏磷元素，防吞噬。
 - 阴性菌：内壁肽聚糖、外壁脂多糖（特有，抗原决定簇多样性来源）和外膜蛋白（脂蛋白连接脂多糖和肽聚糖、孔蛋白参与物质运输）。
 - 外壁层作用：是内毒素的物质基础，吸附阳离子，决定表面抗原性，是噬菌体表面吸附受体。
 - 缺壁细菌：实验室形成（自发突变、人工溶菌酶去除），自然界进化形成。
 - 原生质体：缺细胞壁的部分，球形，对外界环境敏感，不能被噬菌体感染，适宜条件下可生长繁殖，融合可培育新菌种。
 - 原生质球：细胞壁去掉了一部分，脂多糖、脂蛋白保留，对外界环境有一定抗性，能在普通培养基生长。
 - L 型细菌：基因突变产生的无壁类型。
 - 支原体、衣原体：长期进化形成的无壁类型。
 - 周质空间：细胞壁与细胞膜之间的空间，含质外酶。
- 细胞膜：
 - 成分主要为磷脂、蛋白质，不含甾醇。
 - 功能：高度选择性，维持渗透压，代谢活动中心，合成细胞壁组分的场所，传递信息，鞭毛着生点。
 - 脂质是甘油脂肪酸酯，由酯键将甘油和脂肪酸连接。
- 间体（中质体、内膜系统）：细胞膜内陷形成。

- 中间体（拟线粒体）：细胞膜局部内陷折叠，与细胞壁合成、核质分裂、细胞呼吸及芽孢形成有关。
- 类囊体：蓝细菌中，有叶绿素、藻胆色素等光合色素和有关酶类，光合作用的场所。
- 载色体：不放氧的光合细菌中，有光合色素、有关酶类和电子传递体，光合作用的场所。
- 羧酶体（多角体）：自养细菌特有，固定 CO_2 的场所。
- 拟核区：细胞质内，无核膜、无核仁、无固定形态。细菌细胞只有一个染色体，环状双链 DNA，此外有少量 RNA 和蛋白质，无组蛋白。
- 细胞质及其内含物
 - 核糖体（核蛋白体）：多肽和蛋白质合成的场所。
 - 内涵物：各种不同的贮藏颗粒。
 - 异染颗粒（无机磷）、聚 β -羟基丁酸（碳源、能源）、肝糖粒（碳源）、硫滴（硫）、磁小体（铁）、气泡（气体）。
- 特殊结构
 - 荚膜：细菌向细胞外分泌黏性物质，根据厚度分为荚膜、微荚膜、粘液层、菌胶团。
 - 成分：多糖、多肽、酯多肽。
 - 功能：抵抗吞噬细胞，增强致病能力，作为胞外碳源和能源，保护细胞不受干燥影响，表面吸附，透性屏障，堆积代谢废物。
 - 鞭毛、菌毛：功能：接合时遗传物质交换通道（性菌毛）、病毒吸附位点、增加附着能力、运动。
 - 芽孢（内生孢子）：无繁殖意义，是细菌应对恶劣环境的休眠体。
 - 特点：极强的抗逆性、休眠的稳定性、复苏的快捷性。
 - 功能：耐热、耐化学药物。
 - 伴孢晶体：形成芽孢的同时形成的蛋白晶体。苏云金芽孢杆菌。
 - 孢囊：某些细菌形成的其他休眠构造。固氮菌的孢囊、粘球菌的粘液孢子、蛭弧菌的蛭孢囊等。

2.1.3 细菌繁殖方式和群体特征（菌落特征）

- 繁殖方式：裂殖为主，少数有性结合。
- 菌落：细菌在固体培养基上生长发育，由一个或几个细菌分裂繁殖成千上万个细胞，聚集在一起形成肉眼可见的群体。
- 纯培养：由一个细菌菌体生长、繁殖而成的菌落。

2.1.4 特殊细菌

- 放线菌： G^+ ，具有分支状菌丝，结构与细菌类似，大部分腐生，少数寄生。
 - 单细胞，简单的为杆状或有原始菌丝，大部分由分支发达的菌丝组成，菌丝无隔膜。菌丝分基内菌丝、气生菌丝（二级）、孢子丝（繁殖菌丝）。
 - 细胞壁不含几丁质和纤维素。
 - 繁殖：主要通过无性孢子及菌丝片段。
 - 类型：
 - 链霉菌属：能分解纤维素、石蜡、蜡、各种碳氢化合物。抗生素菌株的主要来源。
 - 放线菌属：仅有基内菌丝，厌氧或兼性厌氧，多为致病菌。
 - 游动放线菌属：基内菌丝位置组，有的有气生菌丝，有隔或无隔。游动孢子。
- 不产氧光合细菌：厌氧条件下，以光为能源，不产氧。有叶绿素等光合色素，无叶绿体。

- 产氧光合细菌：蓝细菌（蓝藻），含叶绿素、藻蓝素，无叶绿体，能产氧光合。
 - G^- ，不需要维生素，以硝酸盐或氨为氮源，异形细胞是固氮场所，有黏液层、荚膜或鞘衣，抗干旱，无鞭毛，许多种类细胞质有气泡。
 - 特化形式：异形胞（固氮）、静息孢子（休眠细胞，抵御干旱）、链丝段（繁殖）、内孢子（繁殖）。
- 鞘细菌：许多细菌共处在一个鞘内，直线排列。
- 滑动细菌：不借助鞭毛，靠蠕动滑动。粘细菌、噬纤维细菌（分解纤维素能力强）。
- 螺旋体：介于细菌与原生动物之间，断裂繁殖。
- 立克次氏体：专性细胞内寄生物。
- 衣原体：专性细胞内寄生， G^- 。
- 支原体（菌原体）：无细胞壁，能在体外独立生活。3层细胞膜。
- 黏菌（变形菌）：真核生物，类似霉菌，可形成有细胞壁的孢子，无菌丝。

2.2 古生菌

- 古菌是一群具有独特基因结构或系统发育生物大分子序列的单细胞生物。大多生活在极端环境（超高温、高酸碱度、高盐浓度、严格无氧状态）。

2.2.1 特性

- 外形特征：与细菌类似，有球状、杆状、螺旋状、耳垂状。特殊形状：盘状、不规则形状、多形态等。
- 结构：
 - 细胞壁：几乎所有古菌都有，半固态，维持细胞形状，保持细胞内外物质平衡。
 - 无真正的肽聚糖，由假肽聚糖（不含胞壁酸）、多糖、糖蛋白、蛋白质构成。
 - 热原体无细胞壁。
 - G^+ 假肽聚糖或复杂聚多糖， G^- 蛋白质或糖蛋白亚基表层。
 - 细胞膜：把细胞和外部环境隔离开。
 - 非皂化性甘油二醚的磷脂和糖脂的衍生物，由醚键将分支碳链与甘油连接。
 - 甘油为 L 型，细菌和真核生物为 D 型。
 - 磷脂不是脂肪酸，而是由异戊二烯构成的 20 个碳原子形成的侧链。细菌和真核生物没有侧分支。
 - 有单层膜和双层膜。
 - 细胞质：膜内，悬浮着 DNA，进行生命活动。
- 基因特性：16S rRNA 的碱基序列、tRNA 的特殊碱基修饰、5S rRNA 的二级结构不同于细菌和真核微生物，接近真菌和植物。转录装置与真核生物类似，转录调控机制类似细菌。具有内含子。
- 独特代谢：有独特的中间代谢，能氧化硫化氢、硫黄和其它硫化物到硫酸并利用氧化放能同化 CO_2 ，抗生素对古菌无作用。存在异养型、自养型、不完全的光合作用。
- 生活习性：多数在极端环境。

2.2.2 类型

- 根据 16S rRNA：泉古菌门（硫化叶菌属）、广古菌门（甲烷球菌属、盐杆菌属、热球菌属）、初古菌门（无培养菌群）、纳古菌门、奇古菌门（亚硝化还原菌）。
- 根据生活习性和生理特性：产甲烷菌、嗜热嗜酸菌、极端嗜盐菌。（自学）

2.2.3 分布

- 广泛分布于各种自然环境中，土壤、海洋、沼泽地。许多产甲烷古菌存在于动物消化道，反刍动物、白蚁、人类。通常无害，未有致病古菌。

2.2.4 培养

- 实验室很难或不能模仿极端环境。由于技术进步已经在不进行培养的情况下研究。

2.2.6 研究和应用

- 为微生物生理、遗传、分类等提供材料，为开发资源（包括特异性基因资源）提供基础。
- 产甲烷菌：废水处理、酿酒工业、煤层气开发等。
- 嗜热菌：
 - 嗜热酶，食品（发酵）、医药、环保、能源（矿产）等。
 - Taq DNA 聚合酶，PCR。
 - 抗生素。
 - 菌体及其他活性物质。
- 嗜盐菌：
 - 盐田。
 - 菌紫质蛋白，光存储、光电元件、生物芯片、DNA 损伤修复、ATP 合成系统、大质粒。
- 嗜冷菌：低温降解污染物、冷活性酶、碱性低温酶、纺织工业、医药产业。

2.3 真核生物（真菌）

- 真核细胞：细胞核有核膜包被，染色体一个以上，能有丝分裂，光合作用和氧化磷酸化分别在叶绿体和线粒体上进行。细胞结构一般包括细胞壁、原生质膜、细胞质、细胞器、细胞核。
- 细胞壁：主要成分为多糖，其次蛋白质、类脂。
 - 真菌多糖主要几丁质（甲壳质）、纤维素、葡聚糖、甘露聚糖，低等真菌以纤维素为主，酵母菌以葡聚糖为主，高等真菌以几丁质为主。
 - 细胞壁组分不固定，不同生长阶段不同。
 - 结构分为有形微纤维部分、无定形基质部分。
 - 决定细胞形状，有抗原性，保护细胞，有特殊酶结合位点。
- 原生质膜：蛋白质和脂类，与原核膜磷脂、蛋白质不同。含甾醇。有内膜系统。
- 细胞质和细胞器：核蛋白体、内质网、线粒体、高尔基体、边体（分泌水解酶，与细胞壁形成有关）、溶酶体、微体（氧化酶、过氧化氢酶）、液泡。
- 细胞核：椭圆形，有核仁，双层核膜。
- 分类：多细胞分支丝状霉菌、蕈类、单细胞霉菌。

2.3.1 营养体

- 菌丝：单条管状细丝，大多数真菌的结构单位。很多菌丝聚集成菌丝体（营养体）。
 - 正常菌丝：
 - 无隔菌丝：菌丝没有横隔壁，长管状单细胞，多核。
 - 有隔菌丝：菌丝有横隔壁，分隔成多个细胞，每个细胞一个或多个核。

- 变态类型：满足生长发育。
 - 吸器：寄生真菌，侵入寄主细胞吸取养料。
 - 菌环：捕食性真菌，捕捉线虫。
 - 菌网：多个菌环形成的网。
 - 假根：根状菌丝，深入基质吸取养分、固着菌体。
 - 附着胞：真菌孢子萌发，附着在寄主体表，产生侵入钉穿透寄主植物。
- 特殊结构：生活史某个阶段菌丝形成组织体。
 - 菌索：高等真菌菌丝体平等排列组成长条状似绳索的变态菌丝组织体。根状菌索吸收水分矿物质度过不良环境。
 - 菌核：菌丝紧密交织成团状的休眠体，抵御不良环境。营养贮藏器官。
 - 子座：菌丝体形成垫座组织，容纳子实体。冬虫夏草：虫形菌核、子座。
- 单细胞真菌（酵母型 / 类酵母型）营养体：不形成菌丝。

2.3.2 繁殖体

- 产生孢子体或孢子的结构。产孢结构无论有性无性均称为子实体。
 - 低等真菌繁殖，营养体全部转为繁殖体称为整体产果。
 - 高等真菌繁殖，营养体部分转为繁殖体称为分体产果。
- 无性繁殖：真菌不经过两性细胞换质两性器官接触，营养体直接断裂 / 裂殖、芽殖 / 割裂方式产生后代新个体。
 - 无性孢子：无性繁殖产生的各种孢子。营养繁殖，无有性结合过程。
 - 无性类型：裂殖（营养细胞直接分裂产生子细胞）、断裂（菌丝细胞直接断裂形成新个体）、芽殖（营养细胞或孢子，酵母菌）、割裂（产生孢子，每个孢子萌发产生新个体）。
 - 孢子类型：
 - 游动孢子：鞭毛菌，单细胞，无细胞壁，1~2 根鞭毛，水生可游动。
 - 孢囊孢子：接合菌，单细胞，有细胞壁，无鞭毛，风传陆生。割裂产生。
 - 分生孢子：子囊菌、半知菌、担子菌。特殊菌丝（分生孢子梗）断裂形成。
 - 厚垣孢子：菌丝顶端或中间产生，外围被厚壁包围。
 - 节孢子：菌丝断裂。
- 有性繁殖：真菌生长发育到一定时期（一般在后期），度过不良环境。两性细胞结合后细胞核减数分裂产生孢子。经过核配、减数分裂。
 - 真菌性器官称为配子囊，性细胞称为配子，孢子称为有性孢子。
 - 过程：合子减数分裂，减数分裂发生在合子形成之后。仅见于真菌和某些原核生物。
 - 质配：两性细胞融合，细胞质和细胞核在同一细胞，双核期， $N + N$ 。
 - 核配：两单倍体细胞核融合成双倍体， $2N$ 。
 - 减数分裂：双核双倍细胞两次连续分裂形成 4 个单倍体核， N 。
 - 双倍体细胞核减数分裂，有性孢子为单倍体：子囊菌、担子菌。
 - 双倍体细胞直接形成有性孢子，萌发时减数分裂：卵菌、接合菌。
 - 孢子类型：
 - 卵孢子：鞭毛菌，异型配子囊交配。

- 接合孢子：接合菌，同型配子囊交配。
- 子囊孢子：异型配子囊交配，每个子囊产生 8 个子囊孢子。
- 担孢子：担子菌，体细胞或菌丝接合形成棒状物担子，减数分裂后产生 4 个小孢子。外生孢子。

2.3.3 准性生殖

- 准性生殖：异核体菌丝细胞中，两个遗传物质不同的细胞核接合成杂合二倍体细胞核，有丝分裂发生染色体交换和单倍体化形成遗传物质重组的单倍体。实质是染色体基因重组，产生变异。许多半知菌通过这种方式变异。
- 过程：形成异核体 → 形成杂合二倍体 → 有丝分裂交换与单倍体化。
- 与有性生殖区别：前者减数分裂，后者有丝分裂产生非整倍体并不断丢失染色体。

2.3.4 分类及常见属

- 三纲一类：
 - 藻状菌：菌丝无隔膜，有性孢子卵孢子、接合孢子。
 - 子囊菌：菌丝有隔膜，有性孢子内生子囊孢子。
 - 担子菌：菌丝有隔膜，有性孢子外生担孢子。
 - 半知菌：菌丝有隔膜，未见有性生殖。

2.3.5 藻类和原生动物

- 藻类：植物界最原始低等类群，生殖方式低级。原植体植物。
 - 藻类细胞具有真核细胞一切特征，细胞壁、细胞核、叶绿体、液泡。
 - 形态和结构：单球、多球排列、丝状（有隔或无隔）。
 - 生长和繁殖：无机自养，有光合作用、呼吸作用。
 - 生活史：有性世代无性世代交替，孢子减数分裂。
 - 孢子减数分裂：减数分裂和配子发生没有直接关系，存在雌雄配子体（N，有性世代）、孢子体（2N，无性世代）。
 - 生态：大多数淡水、海水，少数潮湿土壤。
- 原生动物：单细胞但构造比较复杂的低等生物，多腐生，有寄生或共生。
 - 形态和结构：单细胞，形态多样。
 - 营养和繁殖：多为异养生活，少数有光合色素。好氧呼吸，无性（二裂）繁殖，具体眠体（孢囊）。
 - 常见类型：肉足虫（变形虫）、鞭毛虫（绿眼虫）、纤毛虫（草履虫）。

2.4 非细胞型生物

- 非细胞型生物：主要指病毒（动物病毒、植物病毒、噬菌体）、亚病毒（类病毒、拟病毒、朊病毒）。
- 病毒的发现：烟草花叶病。

2.4.1 病毒

- 特点：超显微，没有细胞结构，有一种核酸（DNA 或 RNA）和蛋白质外壳构成，活细胞内寄生。
- 能通过细菌滤膜，电镜观察，对抗生素不敏感，对干扰素敏感，具有细胞外和细胞内两种类型。
- 形态和大小：
 - 球状体：大多数人和脊椎动物病毒，疱疹病毒、腺病毒。

- 丝状体：多见于植物病毒，新分离的流感病毒。
- 砖形体：天花、牛痘病毒。
- 弹状体：狂犬病毒、水泡性口炎病毒。
- 蝌蚪状体：噬菌体。
- 基本结构和功能：包膜、壳体、核酸。
 - 基因组：位于病毒体内部，编码蛋白的核酸，DNA 或 RNA。遗传变异的物质基础。
 - 蛋白衣壳：核酸外的蛋白质，保护核酸免收外界因素影响，表现生物学特性。
 - 核衣壳：病毒核酸和蛋白衣壳的总称。对称性：立体对称、螺旋对称、复合对称。
 - 包涵体：宿主细胞被感染后形成光学显微镜下可见的小体，蛋白质。
 - 包膜：特殊结构。包裹在核衣壳外，脂质和糖蛋白组成。

2.4.2 噬菌体

- 噬菌体：感染细菌、真菌、放线菌、螺旋体等微生物的病毒总称。
- 形态：蝌蚪形、微球形、丝形。
- 结构：头部、尾部。
- 化学组成：核酸（头部核心）、蛋白质（头部外壳、尾部）。
- 培养：活的易感细菌培养。
- 感染结果：裂解细菌细菌死亡，不裂解细菌细菌变异。噬菌现象：液体培养基浑浊 / 澄清，固体培养基出现噬斑。
- 按噬菌体与宿主的关系分为烈性噬菌体、温和噬菌体（溶源性噬菌体）。
 - 烈性噬菌体：吸附 → 侵入 → 复制（生物合成） → 装配与释放（裂解细胞）。
 - 丝状噬菌体以分泌形式释放，不裂解和杀死宿主细胞，不妨碍分裂，使宿主细胞生长速度降低。
 - 温和噬菌体：吸附入侵后，DNA 整合在宿主染色体上长期随宿主 DNA 复制而同步复制，不增殖引起破裂，细胞中找不到可见噬菌体。
 - 存在形态：游离颗粒、整合在染色体上的噬菌体基因、营养期噬菌体。
 - 溶源菌：含有温和噬菌体 DNA 而又没有形态上可见的噬菌体粒子的宿主细菌。
 - 特性：自发裂解（低频）、诱导裂解（理化因子作用下高频）、免疫性（溶源菌对本身噬菌体或外来同源噬菌体不敏感）、溶源转变（少数溶源菌因整合基因组而产生新性状）、复愈性（溶源菌中原噬菌体消失）、遗传性（随细胞分裂遗传）。
 - 溶源周期：温和噬菌体 DNA 随宿主 DNA 复制而复制，随细胞分裂而传递到两个子细胞中。
 - 对比：过程和结果不同、周期不同（温和噬菌体溶源性周期、溶菌性周期，烈性噬菌体溶菌性周期）、遗传上不同、溶源菌的特点。
- 特性：严格活细胞寄生依靠宿主细胞复制、独特生物类群胞外化学大分子胞内生物特征、广泛存在控制细菌增殖。
- 对原核细胞影响：抑制宿主大分子合成、产生关闭蛋白（抑制宿主 DNA 合成、基因转录、蛋白质合成）。
- 细菌对噬菌体的防御：合成能降解外来 DNA 的酶——限制性核酸内切酶；CRISPR 序列保留过去遇到过的病毒基因组片段，通过 RNA 干扰阻断病毒复制。
- 作用：分子生物学研究工具、细菌鉴定分型、噬菌体展示技术、噬菌体抗体库、检测控制致病菌、噬菌体疗法。

2.4.3 亚病毒

- 亚病毒：比病毒更简单，仅核酸无蛋白质或仅蛋白质无核酸，侵染动植物。
- 类病毒（感染性 RNA / 病原 RNA / 壳病毒）：和病毒相似的感染性颗粒，感染某种植物的单链闭合环状裸露 RNA。
 - 特点：没有蛋白质，二级结构有保守区，没有 mRNA 活性，借助宿主 RNA 聚合酶在核中 RNA 转录，能独立感染，能通过机械损伤途径传播。
- 朊病毒（蛋白侵染因子）：比病毒小，仅蛋白质，侵染动物。
 - 电镜下不可见，对多种灭活作用有抗性，不表现免疫原性，巨噬细胞能降低甚至灭活，但无特异性抗体，不诱发干扰素产生也不受干扰素作用。
 - 活动复制机制不清楚，发病机制是正常蛋白发生折叠错误，不断聚合堆积破坏神经细胞。
- 拟病毒、卫星 RNA：单独没有侵染性，必须依赖辅助病毒，RNA 无编码能力，两者均可干扰辅助病毒复制，两者与辅助病毒基因组 RNA 无同源性。

第 3 章 微生物的生长与代谢

3.2 微生物代谢的氧化和产能

- 产能代谢：细胞内化学物质经过一系列的氧化还原反应而逐步分解，同时释放能量的生物氧化过程。生物体把外界环境中多种形式的最初能源转换成通用能源（ATP）。

3.2.1 化能异养型微生物的氧化和产能

- 生物氧化：活细胞中的一系列产能性氧化反应。氧化形式：得氧、脱氢、失去电子。
 - 过程：底物脱氢（或电子）→ 递氢（或电子）→ 受氢（或电子）。
 - 功能：产 ATP、产还原 [H]、小分子中间代谢产物。
 - 类型：发酵、呼吸（又分有氧呼吸、无氧呼吸）。
- 底物脱氢的四条途径：
 - 糖酵解（EMP，己糖二磷酸途径）：葡萄糖经 10 步反应后生成 2 分子丙酮酸、2 分子 $\text{NADH} + \text{H}^+$ ，2 分子 ATP。
 - 总反应： $\text{葡萄糖} + 2 \text{NAD}^+ + 2 \text{ADP} + 2 \text{Pi} \longrightarrow 2 \text{丙酮酸} + 2 \text{NADH} + \text{H}^+ + 2 \text{ATP} + \text{CoA}$ 。
 - 意义：为合成代谢提供能量和还原 [H]，提供多种中间代谢产物，连接 TCA、HMP、ED 途径，通过逆向反应可进行多糖合成。
 - 戊糖磷酸途径（HMP）：葡萄糖通过该途径被彻底氧化，产生 $\text{NADPH} + \text{H}^+$ 及多种中间代谢产物。存在于大多数生物体内。
 - 总反应： $\text{葡萄糖-6-磷酸} + 12 \text{NADP}^+ + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 12 \text{NADPH} + 12 \text{H}^+ + 6 \text{CO}_2 + \text{Pi}$ 。
 - 意义：为核苷酸和核酸合成提供戊糖磷酸，产生还原 [H]，与 EMP 途径连接调剂戊糖供需关系，中间产物可用于芳香族氨基酸、碱基、多糖合成，途径中存在 3~7 碳的糖，该途径微生物利用的碳源谱更广泛，产生多种重要发酵产物，在总的能量代谢中占一定比例。
 - ED 途径：存在于某些缺乏 EMP 途径的微生物中，葡萄糖经 4 步反应后生成丙酮酸、ATP、NADPH、NADH。（假单胞菌和固氮菌）
 - 总反应： $\text{葡萄糖} + \text{NAD}^+ + \text{NADP}^+ + \text{Pi} + \text{ADP} \longrightarrow 2 \text{丙酮酸} + \text{NADH} + \text{NADPH} + 2 \text{H}^+ + \text{ATP}$ 。

- 特点：步骤简单、产能效率低。有氧时与 TCA 循环相连，无氧时进行乙酸发酵。
- 磷酸解酮酶途径 (WD, 含 PK / HK)：缺少醛缩酶，不能将磷酸己糖裂解为三碳糖。
 - 磷酸戊糖解酮酶途径 (PK)：分解 1 分子葡萄糖产生 1 分子 ATP，几乎产生等量的乳酸、乙醇和 CO₂。
 - 磷酸己糖解酮酶途径 (HK)：有两个磷酸解酮酶参加反应，2 分子葡萄糖分解为 3 分子乙酸和 2 分子 3-磷酸甘油醛，后者在脱氢酶参与下转变为乳酸，分解 1 分子葡萄糖产生 2.5 分子的 ATP，许多微生物异型乳酸发酵采取此方式。
- 三羧酸循环 (TCA)：
 - 丙酮酸进入前先脱羧生成乙酰 CoA，后者和草酰乙酸缩合成柠檬酸再进入三羧酸循环。循环结果是乙酰 CoA 被彻底氧化成 CO₂ 和 H₂O，每氧化 1 分子的乙酰 CoA 可产生 12 分子的 ATP。
 - 总反应：丙酮酸 + 4 NAD⁺ + FAD + GDP + Pi + 3 H₂O → 3 CO₂ + 4 NADH + 4 H⁺ + FADH₂ + GTP，
或 乙酰CoA + 3 NAD⁺ + FAD + GDP + Pi + 2 H₂O → 2 CO₂ + 3 NADH + 3 H⁺ + FADH₂ + CoA + GTP。
 - 特点：是糖、脂、蛋白质转化中心枢纽，某些中间产物是一些重要物质生物合成的前体，是生物体提供能量的主要形式，是人类利用生物发酵产生所需产品的重要代谢途径。
- 递氢和受氢：
 - 呼吸作用：生物氧化中，呼吸基质脱下的氢和电子经载体传递最终交给受体的生物学过程。主要呼吸基质：葡萄糖、果糖。
 - 电子传递链：位于膜上，由一系列氧化还原电势呈梯度差的链状排列的电子传递体组成。氧还电势是对电子亲和力的量度。原核和真核生物电子传递链组成不同。
 - 主要组分及顺序：NAD(P) → FP → Fe-S → CoQ → Cyt b → Cyt c → Cyt a → Cyt a₃。
 - 根据受氢体性质不同分为呼吸、无氧呼吸、发酵。
 - 有氧呼吸：O₂ 为最终电子受体。过程：葡萄糖经 EMP 形成丙酮酸进入 TCA，被彻底氧化生成 CO₂ 和 H₂O，同时释放大量能量。
 - 氧化磷酸化：内膜上电子从 NADH 或 FADH₂ 经电子传递链传递给最终受氢体并偶联 ADP 和 Pi 生产 ATP。
 - 无氧呼吸：氧化型化合物 (NO₂⁻、NO₃⁻、CO₂ 等无机盐或延胡索酸等有机物) 为最终电子受体。通过氧化磷酸化产生 ATP。
 - 硝酸盐呼吸 (反硝化作用 / 脱氮作用)：反硝化细菌，兼性厌氧，硝酸盐为最终受氢体。 $C_6H_{12}O_6 + 4 NO_3^- \rightarrow 2 N_2 + 6 CO_2 + Pi$ 。
 - 硫酸盐呼吸 (反硫化作用)：反硫化细菌，专性厌氧，硫酸盐为最终受氢体，还原产物为 H₂S。
 - 硫呼吸：专性或兼性厌氧，无机硫为最终受氢体，还原产物为 H₂S。
 - 铁呼吸：专性或兼性厌氧，Fe³⁺为最终受氢体。
 - 延胡索酸呼吸：兼性厌氧，延胡索酸为最终受氢体，还原产物为琥珀酸。
 - 碳酸盐呼吸：CO₂ 或碳酸盐为最终受氢体。产甲烷菌为专性厌氧菌，还原产物为 CH₄。
 - 发酵：没有任何外源的最终电子受体的生物氧化模式，还原 [H] 不经过呼吸链而直接交给某一内源中间代谢产物实现底物水平磷酸化。
 - 底物水平磷酸化：高能化合物水解放出能量直接使 ADP 和 Pi 形成 ATP。
 - 途径：葡萄糖厌氧条件下主要有 EMP、HMP、ED 主要途径和 PK、HK 等途径。

3.2.2 化能自养微生物的氧化和产能

- 化能自养微生物在氧化无机物过程中，通过电子传递链氧化磷酸化获得能量的过程。包括：硝化作用、硫化作用、铁的氧化、氢的氧化。
- 硝化作用（氨的氧化）： NH_3 或 NO_2^- 被硝化细菌氧化产生能量。包括硝化细菌和亚硝化细菌。
 - 硝化细菌特点：专性好氧， G^+ ，无芽孢，对氧化基质严格专一。硝化细菌和亚硝化细菌互生。严格专性化能自养，大多专性无机营养型不能在有机培养基生长。
- 硫化作用：硫化合物（包括硫化物、单质硫、硫代硫酸盐、硫酸盐和亚硫酸盐）被硫细菌利用产生能量生成 H_2SO_4 。
- 铁的氧化：少数细菌（氧化亚铁硫杆菌，酸性环境）将亚铁氧化到高铁并产生能量。
- 氢的氧化：氢细菌，氧化氢获得能量。 G^- ，兼性化能自养。

3.2.3 光合自养微生物的氧化和产能

- 光合微生物类群：蓝细菌、光合细菌、嗜盐细菌。
- 光合细菌：均为原核，红螺菌目。含菌绿素、类胡萝卜素。
 - 根据菌绿素种类分为三类：绿硫细菌、红硫细菌、红螺菌。
- 嗜盐细菌：兼性光能菌，能在高浓度的饱和盐溶液中栖息，细胞酶在 2 mol/L 的盐浓度中才能保持活性与稳定性。
- 光合磷酸化：
 - 循环光合磷酸化：厌氧光合细菌通过光驱动下的电子循环式传递形成 ATP。紫硫细菌、绿硫细菌、紫色非硫细菌、绿色非硫细菌。
 - 特点：反向电子传递逆电子传递系统，电子在光能驱动下从菌绿素上通过类似呼吸链的循环又回到菌绿素产生 ATP。产 ATP 和产还原 $[\text{H}]$ 分开进行，不产 O_2 。
 - 无光系统 II，供氢体不为水，为硫化物、分子氢或有机物。
 - 非循环光合磷酸化：同步产生 ATP、还原 $[\text{H}]$ 和 O_2 ，还原 $[\text{H}]$ 来源于 H_2O 。为蓝细菌、藻类及各种绿色植物的产能方式。
 - 有两个光反应系统，系统 I 产生还原 $[\text{H}]$ ，系统 II 产生 ATP。
 - 特点：电子传递循环，有氧条件下进行，有两个光系统，还原 $[\text{H}]$ 来源于 H_2O 。
 - 含藻胆素，使细胞呈现蓝色。吸收光能并转移大光系统 II。
 - 紫膜光合磷酸化：嗜盐细菌在无叶绿素和菌绿素参与下，利用光能产生 ATP 的过程，是目前所知道的最简单的光合磷酸化。
 - 视紫红质在光量子驱动下将 H^+ 排至细胞膜外产生质子梯度，后者使 H^+ 通过 ATP 合成酶进入膜内产生 ATP。
 - O_2 浓度高时以光合磷酸化（红膜）产能，浓度低时以紫膜光合磷酸化产能。

3.2.4 能量消耗

- 主要用于合成细胞物质与代谢产物，还用于维持生命、生物发光或放出生热。
 - 合成耗能：大分子细胞物质合成及代谢产物合成消耗的总能量。如 CO_2 的固定、生物固氮、糖类蛋白质核酸的合成。
 - 主动运输和膜泡运输耗能

- 细胞运动：真核生物中鞭毛和纤毛都具有 ATP 酶（可水解 ATP 产生能量）。但目前尚未在细菌鞭毛中发现该酶。
- 发光：发光细菌能将细胞内贮存的化学能转化为光能。
- 储能分子：ATP、NAD(P)、FMN 和 FAD。

3.4 微生物的生物合成

- 合成代谢：微生物利用生物能合成细胞物质及其他耗能代谢的过程。

3.4.1 自养微生物的 CO₂ 固定

- 卡尔文循环： $6\text{CO}_2 + 18\text{ATP} + 12\text{NADPH} \longrightarrow \text{葡萄糖} + 18\text{ADP} + 12\text{NADP}^+ + 18\text{Pi}$ 。
- 是光能自养和化能自养微生物固定 CO₂ 的主要途径。包括蓝细菌、多数光合细菌、硫细菌、铁细菌、硝化细菌。
- 特有酶：核酮糖二磷酸羧化-加氧酶（RuBisCO）、磷酸核酮糖激酶。
- 三个阶段：羧化反应固定 CO₂、还原反应、CO₂ 受体的再生。
- 厌氧乙酰 CoA 途径（活性乙酸途径）：利用 H₂ 还原 CO₂，产生乙酸或丙酮酸。 $2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
- 非循环式的 CO₂ 固定机制，少数能利用氢的严格厌氧微生物中发现（产乙酸菌、硫酸盐还原菌、产甲烷菌等化能自养微生物）。
- 关键酶：CO 脱氢酶。
- 逆向三羧酸循环途径：以草酰乙酸为 CO₂ 受体，每循环一周掺入 2 个 CO₂ 分子，并还原成乙酰 CoA，然后再固定 1 个 CO₂ 分子合成丙酮酸、丙酸等。 $4\text{CO}_2 + 3\text{ATP} + 2\text{NADPH} + \text{FADH}_2 \longrightarrow \text{草酰乙酸} + 3\text{ADP} + 2\text{NADP}^+ + 2\text{H}^+ + \text{FAD}$ 。
- 异养途径，主要发现于古菌、硫细菌。
- 特殊酶：柠檬酸裂合酶。
- 羟基丙酸途径：以乙酰 CoA 为载体，利用 H₂、H₂S 还原 CO₂。
- 存在于少数绿色硫细菌。
- 关键步骤：羟基丙酸的产生。

3.4.2 生物固氮（氮代谢）

- 微生物通过固氮酶将 N₂ 转变成为 NH₃ 的过程。仅次于光合作用的化学反应。
- 固氮微生物：主要是原核微生物，包括根瘤菌、固氮菌、蓝细菌等。
- 按生态类型分为：自生固氮菌、共生固氮菌、联合固氮菌。
- 生物固氮的条件：能量（ATP）、还原 [H]、固氮酶、还原底物（N₂）、（辅因子 Mg²⁺）、严格厌氧环境。
- 机制： $\text{N}_2 + 6\text{e} + 6\text{H}^+ + 21\text{ATP} \longrightarrow 2\text{NH}_3 + 21\text{ADP} + 21\text{Pi}$ 。
- 好氧菌固氮酶避害机制：大多数单纯通过呼吸链提高呼吸耗氧速度，有些改变呼吸链，或通过吸氢反应提高呼吸耗氧速度，或改变构象。
 - 自生固氮菌：呼吸保护、构象保护。
 - 蓝细菌：异形胞、时间分隔、群体分化、酶活性调节。
 - 异形胞的作用：其内只有光系统 I 不因光合作用产生分子氧，呼吸强度高，为营养细胞提供氮素营养。

- 非异形胞抗氧：黑暗下固氮光照下光合作用，提高 SOD 和过氧化物酶活性等。
- 豆科植物根瘤菌：类菌体周膜、豆血红蛋白。
- 根瘤粒细胞保护：根瘤内皮层细胞排列紧密，限制气体分子扩散。
- 豆血红蛋白保护：对氧气有极高的亲和力，使结合氧浓度高于自由氧浓度。

3.2.3 肽聚糖合成（微生物特有的生物大分子合成）

- 肽聚糖是绝大多数原核生物细胞壁含有的独特成分，在细菌的生命活动中有着重要的功能，是许多抗生素作用的物质基础。
- 阶段：细胞质中合成 Park 核苷酸 → 细胞膜上合成肽聚糖单体 → 细胞膜外合成肽聚糖多聚体。

3.2.4 代谢的调节

- 实质：通过控制酶的生成和酶的活性来实现的。
- 初级代谢：微生物从外界吸收各种营养物质，通过分解代谢和合成代谢，生成维持生命活动的物质和能量。
- 次级代谢：微生物在一定的生长时期，以初级代谢产物为前体，合成一些对微生物的生命活动无明确功能的物质。产物大多数是分子结构比较复杂的化合物，如抗生素、激素、生物碱、毒素、维生素等。质粒与次级代谢关系密切。
- 次级代谢的调节：初级代谢调节、碳氮代谢物调节、诱导作用及产物的反馈抑制。

第 4 章 微生物的遗传和变异

4.2 微生物的遗传

- 遗传的物质基础：核酸。遗传物质：携带和传递遗传信息的物质载体。
 - 特点：
 - 在体细胞中含量稳定。
 - 在生殖细胞中含量减半。
 - 能携带遗传信息。
 - 能精确地自我复制。
 - 能发生变异。
 - 分类：
 - 脱氧核糖核酸（DNA）：遗传信息的储存和携带者，生物的主要遗传物质。每个原核细胞只有一个染色体，每个染色体含一个双链环状 DNA。
 - 核糖核酸（RNA）：主要参与遗传信息的传递和表达过程。主要存在于细胞质中，少量存在于细胞核中。病毒中 RNA 本身就是遗传信息储存者。
- 遗传物质发现的历史和进展：
 - Griffith 肺炎链球菌转化实验。证明荚膜多糖不是遗传物质。
 - 噬菌体感染实验。证明 DNA 是遗传物质。
 - 烟草花叶病毒重建实验。证明 RNA 是某些病毒的遗传物质。
- 核酸的分子结构：
 - 核酸 = 核苷酸 $\times n$ ，核苷酸 = 核糖 + 磷酸，核糖 = 戊糖 + 碱基。
 - 核苷酸之间由 3' , 5' -磷酸二酯键连接。

- DNA 的结构:
 - 组成 DNA 的脱氧核苷酸: A、T、C、G。
 - 特点: 不同物种组成一般不同; 给定物种不因年龄、营养状态和环境改变而改变; $[A] = [T]$, $[G] = [C]$ 。
 - 一级结构: 各脱氧核苷酸之间的连接方式和排列顺序 (碱基序列)。走向: $5' \rightarrow 3'$ 。
 - 二级结构: 双螺旋结构, DNA 复制、转录和逆转录的分子基础, 稳定性特征 (碱基配对、双链互补、反向平行)。
 - 结构多样性: 回文顺序、镜像重复、十字形结构、Holliday 结构等。
- RNA 的结构:
 - 组成 RNA 的核糖核苷酸: A、U、C、G。
 - 类别:
 - 与遗传信息表达相关: 信使 RNA (mRNA)、核糖体 RNA (rRNA)、转运 RNA (tRNA)。
 - 其他: 有催化活性的 RNA (核酶)、有调节功能的 RNA (反义 RNA 等)、非编码 RNA (miRNA、siRNA 等)。
 - 一级结构: 特点和规律与 DNA 类似。
 - 二级结构: 单链、三叶草叶形、四臂四环等。
 - 三级结构: 在二级结构基础上进一步折叠扭曲形成倒 L 型。
 - rRNA: 单链, 螺旋化程度低, 与蛋白质组成核糖体后才发挥功能。
- 微生物基因组: 细胞内所含的全部 DNA、RNA, 包括染色体上的、质粒上的、可移动的。
 - 染色体: 遗传物质主要存在形式。原核生物染色体是单纯的 DNA 或 RNA, 往往只有一个, 呈环形, 无膜包围。
 - 质粒: 染色体以外的能独立复制并稳定遗传的遗传因子。
 - F 质粒: 致育因子、性因子。决定性别, 有转移功能。最有代表性的单拷贝的接合型质粒。携带 F 质粒的菌株为 F^+ 菌株, 相当于雄性。
 - R 质粒: 抗药性 (耐药性) 质粒。使宿主菌对链霉素、四环素等抗生素产生抗药性。
 - Col 质粒: 大肠杆菌素因子。含编码大肠杆菌素的基因, 能杀死其他肠道细菌; 含编码免疫蛋白的基因, 对大肠杆菌素有免疫作用。
 - 化合物降解质粒: 携带降解芳香族化合物的基因。
 - 质粒的生物学性质: 大小、拷贝数。
 - 质粒的转移性: 能从供体细胞把它的一个复本转移到受体细胞。需要直接接触 (接合作用)。
 - 质粒的复制: 复制起点 (ori)、复制型。
 - 质粒的标记: 选择标记 (筛选成功转化载体的宿主, 主要用抗生素抗性基因)、筛选标记 (筛选特殊表型的重组子)。
 - 质粒的不相容性。
 - 质粒的分离: 超离心、琼脂糖凝胶电泳。
 - 转座子: 不同部位间移动的 DNA。
 - 插入序列 (IS): 反向重复序列、正向重复序列、转座酶基因。
 - 复合转座子: 反向重复序列、转座酶基因、特殊基因。
 - 接合型转座子: 不具有反向重复序列, 转座不引起靶 DNA 产生正向重复序列, “切除-插入” 机制。
 - 转座噬菌体 (Mu 噬菌体等): 可插入宿主染色体任何位点。不是细菌基因组正常组分, 易识别。可诱

导产生。不含反向序列，含宿主 DNA 片段。

- DNA 的复制模式：半保留、全保留、分散。
- 基因和性状：生物的性状由基因控制，由蛋白质体现。
- RNA 与遗传表达：
 - 转录：遗传信息由 DNA 传递到 RNA。与 DNA 复制的区别：一条 DNA 链为模板链，杂交双链不稳定，不需要引物，底物是 NTP，聚合酶系不同。
 - mRNA：将 DNA 上遗传信息携带到合成蛋白质的场所核糖体上。
 - 密码子：决定氨基酸的三联碱基。终止子、通用性、简并性。
 - 翻译：氨基酸以 mRNA 为模板合成蛋白质。
 - rRNA：原核微生物 / 真核细胞器为 70S，真核细胞为 80S。催化肽键形成。
 - tRNA：氨基酸的载体。
- 中心法则：DNA $\xrightarrow{\text{转录}}$ RNA $\xrightarrow{\text{翻译}}$ 蛋白质。
- 微生物基因表达的调控：
 - 酶量的转录水平调控：正转录调控、负转录调控。
 - 酶量的翻译及翻译后调控：翻译起始进行调控、稀有密码子调控。

4.3 微生物的变异

- 变异：子代的表型特征与其亲代的表型特征发生较大的差异。
- 突变：遗传物质的核苷酸序列发生了一种稳定的和可遗传的变化。（选择和非选择突变）
- 基因突变：遗传物质链上的一对或少数几对碱基被另一个或少数几个碱基对取代发生改变的突变类型。（点突变）
 - 类型：形态突变、生化突变（营养缺陷、抗性突变、抗原突变）、条件致死突变。
 - 形态突变：非选择性。
 - 生化突变：代谢途径发生变异，没有明显的形态变化。
 - 营养缺陷：丧失合成某种生长必需营养物质的能力，必须在培养基中添加相应的营养成分。
 - 抗性突变：抵抗有害理化因素。
 - 抗原突变：细胞成分尤其是细胞表面成分（细胞壁、荚膜、鞭毛）的细微变异引起抗原性变化。
 - 条件致死突变：在某一条件下具有致死效应而在另一条件下没有致死效应。
- 一级结构变异的分子机制：
 - 自发突变：复制时碱基的偶然性错配。概率较低，约为 10^{-9} 。
 - DNA 复制错误、插入和残缺、脱嘌呤 / 脱氨基。
 - 特性：不对应性、自发性、稀有性、独立性、可诱变性、稳定性、可逆性。
 - 诱发突变：体内代谢过程中产生的自由基因某些环境因素引起。
 - 诱变剂：能提高突变率的任何理、化及生物因子。包括：碱基类似物、分子形态上类似于碱基对物质、与碱基起化学反应的碱基修饰剂、物理因素、其他因素等。
 - 碱基置换：转换（嘌呤嘧啶互换）、颠换（嘌呤变嘌呤，嘧啶变嘧啶）。
 - 移码突变：一个或几个核苷酸增添（插入）或缺失。
 - 染色体畸变：DNA 的大范围损伤。缺失、重复、插入、易位、倒位。
- 突变型：性状出现人为诱发突变的微生物。包括细胞和病毒粒子。

- DNA 的损伤修复:
 - 直接修复: 不切断 DNA 或切除碱基, 直接对 DNA 分子实施修复的损伤修复机制。
 - 光修复: 主要是对由紫外线引起的 DNA 损伤修复。
 - 切除修复:
 - 核苷酸切除修复 (NER): 可以修复紫外线照射形成的嘧啶二聚体, 和各种嘌呤和嘧啶加合物。对损伤的 DNA 链的两端进行切割。
 - 碱基切除修复 (BER): 可以去除因脱氨基、碱基丢失、环氮类甲基化等因素产生的 DNA 损伤。
 - 错配修复: 修复在复制中的碱基错配。只能修复新合成的 DNA。
 - 重组修复: 通过对 DNA 的复制和同源链的重组, 来完成对损伤部位的修复。
 - 紧急修复 (SOS 修复): 在 DNA 分子受损伤的范围较大而且复制受到抑制时出现。包括 DNA 修复和导致变异。

4.4 微生物的基因重组

- 基因重组: 两个不同性状个体内的遗传基因转移在一起, 并进行重新组合, 以产生具有新基因型和表型个体。
- 生物通过基因重组保持物种遗传多样性。
- 原核生物的基因重组:
 - 转化: 来自供体 DNA 片段或质粒 DNA 转移到受体菌, 整合进染色体。
 - 感受态阶段: 供体细胞死亡释放 DNA, 受体细胞处于接受 DNA 的生理状态。
 - DNA 的结合和吸收: DNA 片段与受体细胞壁上的受体蛋白结合, 吸附 DNA。一条单链被降解, 另一条单链进入细胞。
 - 整合: 进入细胞的 DNA 单链取代受体菌染色体上的同源片段的一条单链, 被取代的那条单链被降解。
 - 接合: 通过细胞的接触进行基因的转移。将一个活细胞中的 DNA 转移到另外一个活细胞中。
 - F^+ 因子接合: 需要借 F^+ 实现细胞间 DNA 的结合。
 - 高频基因重组接合: Hfr 菌株与 F 菌株接合后发生重组的频率高。
 - 抗性质粒接合: 从供体细菌向受体转移抗性质粒到过程。
 - 转导: 通过完全缺陷或部分缺陷噬菌体的介导 (携带体), 把供体细胞的 DNA 小片段转移到受体细胞。
 - 普遍性转导: 病毒 (噬菌体) 与供体细菌的任何 DNA 碎片结合并使受体菌实现各种性状的转导。效率低。
 - 局限性转导: 转导噬菌体将少数特定基因转移到受体菌中, 并获得表达的转导现象 (温和噬菌体)。
 - 溶源转变: 当温和噬菌体感染其宿主而使其发生溶源化时, 因噬菌体的基因整合到宿主的核基因组上, 而使后者获得了除免疫性以外的新性状。
 - 与转导的不同: 不携带供体菌基因, 噬菌体完整而非缺陷, 获得新性状的是溶源化的宿主细胞而不是转导子, 获得的性状随噬菌体消失而消失。
- 真核生物的基因重组:
 - 有性杂交: (有性孢子形成) 性细胞之间的结合和随之发生的染色体重组, 产生新遗传型的后代。酵母菌、霉菌、蕈菌。
 - 准性生殖 (准性杂交): 同种生物的两个不同体细胞融合。无减数分裂, 有有丝分裂。不产生有性孢子。低频率基因重组。半知菌类 (假性酵母、拟球酵母、曲霉、青霉)。

- 过程：异核体、二倍体化、有丝分裂交换（体细胞交换）、单元化。
- 又叫有丝分裂重组。
- 微生物的人工构建：
 - 细胞融合：去壁、促融、培养、鉴定。
 - 采用基因工程（分子水平）构建目标微生物。

